

В.Ж. Аренс, проф., д.т.н., РАЕН

## ГЕОТЕХНОЛОГИ И ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

**К.** Паустовский высказал мысль, что «если отнять у человека способность мечтать, то опадет одна из самых мощных побудительных причин, порождающих культуру, искусство, науку и желание борьбы во имя прекрасного будущего». Но одного мечтания мало, чтобы создавать и творить надо работать, а это возможно, если человек будет образован, поскольку система образования «становой хребет цивилизации» и ее роль в современном обществе непрерывно возрастает. Об этом говорил еще М.В. Ломоносов в работе 1761 г. «О сохранении и размножении российского народа». Сегодня этот вопрос еще более важен ибо «сохранение и размножение российского народа» находится, мягко говоря, под большим вопросом, и люди должны осознать надвигающиеся трудности и быть всесторонне образованными, чтобы вести направленный поиск нового. «К сожалению сегодня – как сказал Д.И. Менделеев – добрая половина государственных деятелей в Россию не верят, Россию не любят и народ не понимают». Это подтверждает сегодняшние многие выступления.

Однако, **большинство россиян в Россию верят, Россию любят и готовы работать во имя ее благополучия.**

Общеизвестно, что Россия - страна, обладающая громадными природными ресурсами, но **сегодня предложить технические решения, обеспечивающие резкое повышение экономичности и безопасности добычи полезных ископаемых из недр практически не реально** реструктуризация действующих горных производств фактически сводится к закрытию многих предприятий, в настоящее время являющихся нерентабельными), **поэтому необхо-**

**димо искать принципиально новые решения, а они как нам представляется, связаны с работами в области физико-химической геотехнологии.**

Все это требует перестройки здания горной науки на новую исследовательскую парадигму, которая предполагает группировку знаний по проблемам, а не по объектам исследований, т.е. утверждение междисциплинарных научных знаний станет основой развития горной науки.

**Одной из проблем горной науки является развитие исследовательских работ в области физико-химической геотехнологии, которая соединяет в себе знания физики, химии, геологии и горного дела.**

В области физико-химической геотехнологии работали многие известные ученые Д.И. Менделеев, предложивший подземную газификацию угля В.И. Вернадский и Е.Н. Ферсман дали теоретические основы ряда геотехнологических процессов. Геотехнологические методы впервые обобщил **И.П. Кириченко.**

В становлении геотехнологии как науки особая роль принадлежит академику **Н.В. Мельникову**, впервые создавшему в середине 60-х годов в Московском горном институте кафедру физико-химических методов добычи полезных ископаемых. В начале 70х годов в Московском геологоразведочном институте под руководством ректора института проф. **Д.П. Лобанова** создается кафедра разработки радиоактивных руд геотехнологическими методами.

Как уже говорилось, основная задача геотехнологии - соединить современные знания физики, химии, математики, цикла геологических и горных дисциплин с экономическими и экологическими

асpekтами производства и создать научную базу для перевода горной промышленности на новый технологический уровень. Цель физико-химической геотехнологии как науки - вскрытие закономерностей процессов добычи и переработки полезных ископаемых, происходящих в недрах земли без присутствия людей.

До настоящего времени многие коллективы исследователей работали над проблемами геотехнологии. Ниже будут рассмотрены некоторые работы обобщающие определенный круг знаний в различных областях ФХ геотехнологии.

Первой работой по физико-химическим методам является уже упомянутая работа И.П. Кириченко «Химические способы добычи полезных ископаемых» изд. АН СССР М. 1958 г.

**Из обобщающих работ следует отметить книги:** В.Г. Бахурова И.К. Рудневой под ред. Д.Т. Десятникова «Химическая добыча полезных ископаемых». М. «Недра» 1972, А.И. Калабина «Добыча полезных ископаемых подземным выщелачиванием» М. Атомиздат 1969 г. и ее переиздание в 1981 г. под названием «Добыча полезных ископаемых подземным выщелачиванием и другими геотехнологическими методами».

На кафедре ФХМ в Московском горном институте В.Ж. Аренс подготовил учебное пособие «Геотехнология» М. МГИ, 1971. В дальнейшем эта работа была продолжена и в 1975 г. в издательстве «Недра» вышла книга «Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых», которая под названием «Скважинные методы добычи полезных ископаемых (геотехнология)» была переиздана в 1986 г. К фундаментальным работам по геотехнологии относятся работы Г.А. Ак-

сельруда и М.А. Альтшулера «Введение в капиллярно-химическую технологию М. Химия, 1983. А.С. Черняка «Химическое обогащение руд. М. Недра, 1965 г. Н.Н. Веригина «Физико-химические процессы при добыче металлов из руд геотехнологическими методами» Проблемы геотехнологии. М. ГИГХС, 1975.

Значительный интерес для геотехнологов представляет книга Г.Х. Хчяна и И.С. Нафтулина «Геотехнологические процессы добычи полезных ископаемых. М. Недра 1983 г. В.Ж. Аренса А.М. Гайдина «Гидрогеологические основы геотехнологических методов добычи» М. Недра, 1978. В.С. Голубева «Динамика геохимических процессов». М. Недра, 1981 г. Д.П. Лобанова и др. Кучное и подземное выщелачивание металлов» Недра, 1982 г. В.А. Грабовникова «Геотехнологические исследования при разведке металлов» М. Недра, 1983, В.С. Голубева Н.Г. Кричевца «Динамика геотехнологических процессов. М. Недра, 1989.

В 1977 г. М.В. Мельников и В.Ж. Аренс в журнале «Физико-технологические проблемы разработки полезных ископаемых» № 3 опубликовали статью «Некоторые понятия и определения геотехнологии» с которыми (смею надеяться) и сегодня спустя более чем 20 лет в основном соглашаются все геотехнологи.

Начиная с середины 60х годов, вопросы геотехнологии широко обсуждались во всесоюзном масштабе.

Так в 1965 г. в Московском горном институте прошло совещание «Геотехнологические методы добывания полезных ископаемых» М. МГИ, 1965 на котором было заслушано 13 сообщений по различным аспектам геотехнологии.

В 1970, 1975, 1983 и 1984 гг. в Государственном НИИ горно-химического сырья под эгидой АН СССР и Госкомитета по науке и технике были проведены «Всесоюзная конференция по физико-химическим методам разработки месторождений полезных ископаемых» М. ГИГХС, 1970, на ко-

торой было заслушано 24 доклада. «Вторая геотехнологическая конференция по геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых» М. ГИГХС, 1975 обсудила уже более 120 докладов. На «Третьей Всесоюзной конференции по геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых» Черкаassy ГИГХС 1983 г. было заслушано так же около ста докладов по различным аспектам геотехнологии, а на семинаре-симпозиуме «Бурение геотехнологических скважин» М. ГИГХС, 1984, проведенном в Ивано-Франковске, в основном, обсуждались различные аспекты вскрытия месторождения скважинами для геотехнологических методов разработки. К сожалению сотрудники институтов Средмаша мало участвовали в работе совещаний, проводя свои внутренние конференции.

**Первым физико-химическим методом**, который использовал человек был **метод подземного растворения солей**. Начиная с XI века на Руси был соляной промысел основанный на растворении соли водой через колодцы и скважины глубиной до 70 м, а впоследствии до 250 м, которые обсаживались деревянными трубами. В настоящее время наиболее распространенным способом добычи промышленных рассолов хлорида натрия является метод подземного растворения. Наиболее известна по подземному растворению солей книга П.А. Кулле «Разработка месторождений соли подземным выщелачиванием» труды ВНИИГ № 20 1949 г., а также публикации сотрудников ВНИИГа (институт галургии) П.С. Бобко «Методы подземного выщелачивания соляных залежей» труды ВНИИГа № 35 за 1959 г. № 56 за 1972 г. М.П. Бельды «Технология и кинетика растворения солей» ВНИИГ 1985, А.Б. Здановского «Галургия Л. Химия, 1972 Б.П. Глухова «Совершенствование технологии подземного выщелачивания солей» ВНИИГ 1977 Е.П. Каратыгина «Теория и практика подземного выщелачивания» труды

ВНИИГ 1984. По проблемам подземного растворения солей известны работы П.М. Дудко, В.Н. Белова, Ю.А. Богданова В.А. Резникова В.Л. Однопозова Э.В. Лехтимяки, А.В. Кубланова и др. По этой же теме большие научные работы велись при сооружении подземных емкостей в отложениях каменной соли для захоронения углеводородов во ВНИИПромгазе (В.А. Мазуров, А.Г. Позняков, Ю.В. Царенков, В.И. Смирнов и др.).

Все вышеназванные работы относятся к подземному растворению хлорнатриевых залежей соли. В России подземное растворение калийных солей до сих пор не используется, хотя еще в 1929 г. П.И. Преображенский предложил разрабатывать сильвинитовый пласт горячей водой. В 1944-1945 гг. Ю.В. Морачевский и А.Е. Ходьков проводили опыты по растворению карналита через скважины в результате получили данные о растворении залежи солей с составом растворяемому пласту.

В конце 80х годов в Карлюке (Туркмения) ВНИИГом была построена опытно-промышленная установка по подземному растворению калийных солей. К сожалению опыты не были закончены, хотя промышленный рассол на поверхность получен, а в бассейнах испытано разделение хлоридов натрия и калия.

Нужно сказать, что в Канаде и США ведутся промышленные работы по подземному растворению сильвинитового пласта.

Под руководством В.А. Резникова в Волгоградской области были проведены успешные опыты по подземному растворению бишофита. В настоящее время действует небольшая установка добывающая бишофит для с.х и медицинских целей. Есть ряд предложений по получению из бишофита магния и его окисла, но их осуществление требует значительных капиталовложений и в настоящее время практически не реально.

Наиболее **продвинутом физико-химическим методом до-**

**бычи** полезных ископаемых в СССР был **метод подземного выщелачивания (ПВ)**. Этим методом добывалось около 30% урана. В основном разработка метода ПВ велась сотрудниками НИИ Средмаша и коллективом кафедры разработки радиоактивных руд МГРИ, которые готовили для предприятий специалистов по ПВ. Кроме этого в различных вузах и НИИ велись исследования по подземному выщелачиванию меди, цинка, свинца и других металлов. В последнее время активные исследования по выщелачиванию золота ведутся в ЦНИГРИ (Г.В. Сидельникова и др.) и Иргиредмете, ИрТУ (Г.Г. Минеев и др.).

Из опубликованных работ наибольший интерес представляют книги В.Г. Бахурова, С.Г. Вечеркина и И.К. Луценко «Подземное выщелачивание урановых руд» М. Атомиздат, 1969 г. книга «Добыча урана методом подземного выщелачивания» написанная большим коллективом авторов под руководством В.А. Мамилова, книга И.К. Луценко В.И. Белецкого и Л.Г. Давыдова «Бесшахтная разработка рудных месторождений» М. Недра, 1986 г., книга И.Г. Абдильманова М.И. Фазлулина А.Ф. Мосева, М.К. Пименова под редакцией О.Л. Кедровского «Комплексы подземного выщелачивания» М. Недра, 1992 г. Одной из последних работ является книга «Подземное выщелачивание полиэлементных руд» авт. И.Г. Абдильманов и др. под ред П. Лаврова изд. АГН 1998. Интересная работа нефтехимиков А.Т. Горбунов, Л.Н. Бученков «Щелочное заводнение» М. Недра, 1989.

Широкие возможности повышения скорости химических процессов открывает использование микроорганизмов. К настоящему времени трудами советских ученых А.А. Имшинским, С.И. Кузнецовым, Г.И. Каравайко, Ляликовой, В.Г. Кулебякиным и др. созданы научные основы рудничной микробиологии. К сожалению существенных промышленных работ в этой области в настоящее

время не ведется.

Значительное количество учебных пособий по ПВ подготовлено профессорами и преподавателями МГРИ Л.И. Луневым, В.П. Небера, Д.П. Лобановым, Н.Г. Поповым, М.Н. Тедеевым, И.С. Осмоловским, С.В. Маркеловым и др.

В МГИ на кафедре ФХМ Л.Г. Озолин и Л.П. Руссихина подготовили учебное пособие «Выщелачивание урановых руд» МГИ, 1971. Г.П. Попова «Геохимические основы физико-химических методов разработки месторождений полезных ископаемых» М. МГИ, 1970. В.Ж. Аренс «Вскрытие месторождений при ФХМ добычи» М. МГИ, 1969 Кафедра Химии МГИ так же подготовила ряд пособий под руководством М.А. Менковского «Исследования по химии горных пород» М. Недра, 1968 и «Химия горных пород и процессов» М. МГИ, 1974.

В Северо-Кавказском горно-металлургическом институте И.А. Остроушко и В.Н. Келиным велись активные исследования по выщелачиванию свинца и цинка из сульфидных руд. В Уральском механобре Б.Д. Халезов и Ю.С. Рыбаков выполнили большие исследовательские работы по подземному и кучному выщелачиванию медных руд. О.М. Гридин и др. выполнил интересные исследования по подземному выщелачиванию фосфоритов на Верхнекамском месторождении.

В конце прошлого века Г. Фраш предложил использовать для добычи самородной серы **метод подземной выплавки**. Долгое время считалось, что для серных месторождений Союза этот метод непригоден.

В середине 60х годов в ГИГХСе по инициативе Министра химической промышленности Л.А. Костандова была поставлена тема по изучению возможности использования метода подземной выплавки серы для разработки серных месторождений Предкарпатья и Гаурдака. Эта многогранная работа связанная с математическим и физическим моделированием,

исследованиями в натуральных условиях и промышленным экспериментом была успешно завершена и в 1969 г. получена промышленная сера на Язовском месторождении в Предкарпатья и в 1974 г. в Гаурдаке (Туркменская ССР). Результаты исследований обобщены во многих публикациях трудов ГИГХСа № 19, 21, 23, 41, 59, 74, а также во многих других работах в частности монографии В.Ж. Аренса «Подземная выплавка серы» М. Недра, 1973 и коллективной монографии «Разработка и освоение технологии подземной выплавки серы» М. Недра, 1977. В результате исследовательских работ были защищены диссертаций Л.И. Курицыной, Г.Х. Хчеяна, И.С. Нафтулина, И.Л. Демьяновой, М.И. Бирчака, В.С. Подхалюзина, Я.Б. Служителя, Д.Н. Шпака и многих других.

**Подземная газификация** один из первых предложенных Д.И. Менделеевым физико-химических методом добычи основанный на превращении угля, сланца, нефти в недрах земли в горючие газы пригодные для химико-технологических целей. По подземной газификации угля, начиная с 1933 г. проведены самые крупные исследования связанные с промышленными экспериментами в натуральных условиях Мосбасса, Донбасса и Кузбасса. Несколько десятилетий, работал специальный НИИ ВНИИПромгаз, который в своих трудах опубликовал многие материалы по подземной газификации. Кроме этого необходимо отметить обобщающие работы П.В. Скофы «Подземная газификация углей» Госгортехиздат. М. 1960. Е.В. Крейнина, Н.А. Федорова, К.Н. Звягинцева Т.М. Пьянковой «Подземная газификация угольных пластов» М. Недра, 1982 г. Ю.В. Стефанюка «Геотехнология некондиционных твердых топлив» Киев, Наукова Думка, 1990 (В работе рассмотрены различные аспекты подземной переработки Предкарпатских менелитовых сланцев). В.Ж. Аренс и Семеновко в работе «Физико-

химические методы разработки месторождений кустобиолитов» М. МГИ, 1976 г. кроме подземной газификации в ней рассмотрены вопросы подземной переработки сланцев, вторичные методы добычи нефти и возможности добычи озокерита методами геотехнологии. Особо следует отметить начатые в 30х годах термические методы добычи нефти. В этом плане значительные работы выполнены Е.П. Щейнеманом, А.Е. Молофеевым, Э.Б. Чекалюком Н.К. Байбаковым и многими другими нефтяниками, разрабатывающими термические методы интенсификации добычи вязких нефтей. Работы по подземной газификации серы выполнены в ГИГХСе (О.М. Гидин, Н.В. Гвоздев, Л.И. Курицына). В ГИГХСе же проводились опыты по подземной высокочастотной выплавке серы и битума (Н.В. Перов, Ф.Л. Саяхов).

**Скважинная гидродобыча** твердых полезных ископаемых (СГД) через скважины впервые предложена в 1936 г. П.И. Тупициным «Теоретические основы метода заложены в работах И.А. Тимме Н.Д. Холина, Г.А. Нурка, С.М. Шорохова, В.С. Мучника и других исследователей.

Первые промышленные опыты начаты на Кингисепском месторождении фосфоритов сотрудниками ГИГХСа В.Ж. Аренсом, М.А. Селищевым, Б.В. Исмагиловым, Д.Н. Шпаком, А.С. Хрулевым и многими другими. Опыт

работы коллектива обобщен в трудах ГИГХСа и в книге «Скважинная гидродобыча твердых полезных ископаемых» М. Недр, 1980. Расширение сферы применения метода СГД со значительным совершенствованием метода осуществлялось в МГРИ (Д.П. Лобанов, Н.И. Бабичев, Э.И. Черняк, Е.С. Коваленко и многими другими исследователями. Во МГРИ Н.И. Бабичевым подготовлено учебное пособие «Технология скважинной гидродобычи полезных ископаемых.

Д.П. Лобановым и Н.И. Бабичевым с сотрудниками осуществлялось широкое опробирование СГД на различных месторождениях рыхлых руд. Д.Н. Шпаком осуществлено промышленное испытание добычи песка методом СГД в условиях Западно-Сибирских нефтяных месторождений.

Минчермет, Мингео СССР, Центргеология, ряд НИИ провели опытные работы по скважинной гидродобыче железных руд КМА. Однако и сегодня эта работа требует больших исследований.

**Извлечение тепла Земли** - крупный георесурс. Извлечение тепла Земли связано с извлечением как природных гидротерм, так и тепла сухих горных пород.

Работы в теоретическом и практическом плане в СССР прежде всего связаны со школами теплофизиков Украины (акад. Щербань) и России (школа акад. Д.Ю. Дядькина - это Э.И. Богуславский,

С.Г. Гендлер, Н.Н. Смирнова, В.Б. Соловьев и др. исследователи).

Многие исследования обобщены в монографиях Ю.Ф. Дядькина «Работка геотермальных месторождений» М. Недр, 1989, работах Ленинградского горного института, института Теплофизики АН УССР.

**«Жидкая руда»** - гидроминеральные ресурсы природных и техногенных минерализованных вод дополнительный источник редких элементов лития, рубидия, цезия, а также йода, бора и других элементов. Добыча минерализованных вод имеет много общего с нефтедобычей обобщающие работы выполнены С.С. Бондаренко и И.А. Клименко.

Следует признать, что в России далеко не в полной мере используются возможности геотехнологических методов, в то время как **современный уровень науки открывает перед ФХ геотехнологией широкие перспективы новых методов добычи полезных ископаемых. Надо усилить координацию научных работ, провести работы по внедрению конкретных методов ФХГ.**

Думаю, что МГТУ ИПКОН РАН и Министерство природных ресурсов РФ должны активно включиться в работы по физико-химической геотехнологии, как в научном, так и промышленном плане.

© В.Ж. Аренс